



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 05 182 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
F 02 M 51/06

②1 Aktenzeichen: 100 05 182.0
②2 Anmeldetag: 5. 2. 2000
④3 Offenlegungstag: 9. 8. 2001

DE 100 05 182 A 1

⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Greif, Hubert, Dr., 71706 Markgröningen, DE

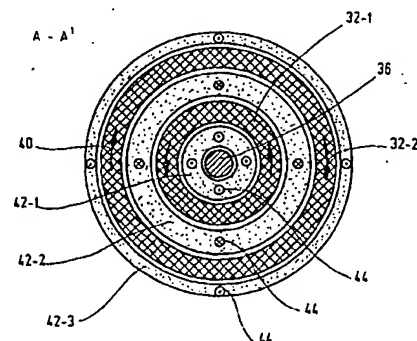
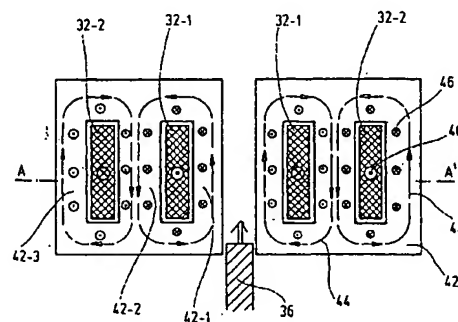
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Elektromagnetisches Einspritzventil zur Steuerung einer in eine Verbrennungskraftmaschine einzuspeisenden Kraftstoffmenge

⑤1 Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisches Einspritzventil zur Steuerung einer in eine Verbrennungskraftmaschine einzuspeisenden Kraftstoffmenge mit einem durch ein Elektromagnetpulensystem verlagerbaren Ventilkörper, wobei der Ventilkörper mit einem Magnetanker des Elektromagnetpulensystems zusammenwirkt.

Es ist vorgesehen, dass das Elektromagnetpulensystem wenigstens zwei konzentrisch angeordnete Spulen (32_1, 32_2) umfasst, die Spulen (32_1, 32_2) derart in ein Magnetkreis integriert sind, dass zwischen zwei benachbarten Spulen (32_1, 32_2) jeweils ein erster Polkörper (42_2) angeordnet ist, und die innere und äußere Spule (32_1, 32_2) jeweils einem zweiten Polkörper (42_1, 42_3) benachbart ist, die ersten und zweiten Polkörper (42_1, 42_2, 42_3) Bestandteile des Magnetkreises des Elektromagnetpulensystems sind und jeweils benachbarte Spulen (32_1, 32_2) in einander entgegengesetztem Richtungssinn durch einen gemeinsamen Erregerstrom (40) bestrombar sind.



DE 100 05 182 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisches Einspritzventil zur Steuerung einer in eine Verbrennungskraftmaschine einzuspeisenden Kraftstoffmenge mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

Stand der Technik

Elektromagnetische Einspritzventile sind aus gegenwärtigen Benzin- und Dieseleinspritzsystemen bekannt. Bei den bekannten elektromagnetischen Einspritzventilen werden Einspulenkonzepte verfolgt. Hierbei wird ein magnetisches Feld durch Bestromung einer Spule aufgebaut, wodurch im umgebenden Magnetkreis ein magnetischer Fluss erzeugt wird. Ein Ventilkörper wird nun dadurch bewegt, dass der magnetische Fluss über einen Luftspalt auf einen beweglichen, mit dem Ventilkörper verbundenen Magnetanker einwirkt. Eine Öffnungsdauer des elektromagnetischen Einspritzventils und damit eine Einspritzmenge wird über die Dauer der Bestromung der Spule gesteuert.

Grundsätzlich geschieht der Aufbau eines magnetischen Flusses in einem Magnetkreis einer Spule nicht instantan mit Bestromung der Spule, sondern mit einer gewissen Zeitverzögerung. Die Zeitverzögerung des Feldaufbaus hängt von vielen Faktoren, wie einer Geometrie des Magnetkreises und insbesondere von einer Felddiffusion und erzeugten Wirbelströmen, ab. Wirbelströme sind elektrische Ströme, die in massiven elektrisch leitenden Körpern durch ein zeitlich veränderliches Magnetfeld, beispielsweise während des Aufbaus des magnetischen Feldes, induziert werden. Dabei wirken die Wirbelströme einer raschen Felddiffusion entgegen.

Die Zeitverzögerung zwischen Stromfluss in der Spule und Feldaufbau führt zu einer unerwünschten Verlängerung der Ansprechzeiten von elektromagnetischen Einspritzventilen. Ansprechzeiten von 100 µs oder weniger, die in modernen Einspritzsystemen erforderlich sind, werden gegenwärtig nur durch mittels Booster-Kondensatoren ermöglichten höheren Spannungen oder durch aufwendig geschaltete Doppelspulenysteme mit gegenseitig aufhebender Kraftwirkung ermöglicht. Nachteilig an diesen bekannten Systemen ist der hohe konstruktive Aufwand der elektrischen Schaltungen, der mit hohen Kosten und großem Raumbedarf einhergeht.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße elektromagnetische Einspritzventil bietet den Vorteil einer kurzen Ansprechzeit und einen geringen Schaltaufwand. Das erfindungsgemäße Einspritzventil umfasst hierzu ein Elektromagnetspulenystem mit wenigstens zwei konzentrisch angeordneten Spulen, wobei die Spulen derart in einen Magnetkreis integriert sind, dass zwischen zwei benachbarten Spulen jeweils ein erster Polkörper angeordnet ist, und eine innere und äußere Spule jeweils einem zweiten Polkörper benachbart ist, die ersten und zweiten Polkörper Bestandteil des Magnetkreises des Elektromagnetspulenystems sind, und jeweils benachbarte Spulen in einander entgegengesetztem Richtungssinn durch einen gemeinsamen Erregerstrom bestrombar sind. In einem derartigen Mehrspulenystem kommt es in einem innen liegenden ersten Polkörper aufgrund der entgegengesetzten Bestromung der Spulen zu einer einander entgegengesetzten Feldrichtung der erzeugten Wirbelströme und somit zu einer Auslöschung der Wirbelströme. Infolgedessen erfolgt die Felddiffusion und damit der Kraftaufbau des Magnetkreises erheblich schneller als in einem konventionellen Einspulen-

system. Darüber hinaus wird in dem ersten Polkörper zwischen zwei Spulen das Magnetfeld konstruktiv verstärkt, da sich hier beide Magnetfelder gleichsinnig überlagern und somit ein größerer Magnetfluss erzeugt wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Einspritzventiles sind die Polkörper derart dimensioniert, dass eine radiale Schnittfläche eines mittleren ersten Polkörpers weitgehend der Summe der Schnittflächen der beiden benachbarten zweiten Polkörper entspricht. In einer derart gewählten Geometrie eines Magnetkreises wird eine gegenseitige Aufhebung von Kraftwirkungen zweier benachbarter Spulen verhindert.

Entsprechend einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weisen die Spulen annähernd identische Kenngrößen, insbesondere gleiche Induktivitäten, auf.

Es ist ferner bevorzugt vorgesehen, dass die Spulen in einer parallelen Schaltung angeordnet sind.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht eines elektromagnetischen Einspritzventiles gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 2 einen Magnetkreis in einem Einspulenystem;

Fig. 3 einen Magnetkreis in einem erfindungsgemäßen Zweispulenystem und

Fig. 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Kraftaufbaus in einem Einspulen- und einem Zweispulenmagnetkreis.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 1 ist die Schnittansicht eines elektromagnetischen Einspritzventiles gemäß dem Stand der Technik dargestellt. Das insgesamt mit 10 bezeichnete Einspritzventil besteht im Wesentlichen aus einem Ventilgehäuse 12, einem Ventilkern 14 und einer axial beweglichen Ventilmadel 16. Zwei O-Ringe 18, 20 dichten das Einspritzventil 10 gegen ein hier nicht dargestelltes Kraftstoffverteilerstück und ein ebenfalls nicht gezeigtes Saugrohr ab. Der in der Zeichnung von oben eintretende Kraftstoff strömt zunächst durch ein Kraftstoffsieb 22, welches das Einspritzventil 10 vor Verschmutzungen schützt. Der Kraftstoff gerät weiter über ein Strömungselement 24 in einen Hohlraum der Ventilmadel 16, von wo er durch seitliche Öffnungen der Ventilmadel 16 an einen Ventilsitz 26 gelangt. In einem Grundzustand des Einspritzventiles 10 drücken eine Feder 28 und die aus dem Kraftstoffdruck resultierende Kraft auf den Ventilsitz 26 und dichten das Kraftstoffversorgungssystem gegen das Saugrohr ab.

Das elektromagnetische Einspritzventil 10 weist ferner eine auf einen Spulenkörper 30 gewickelte Spule 32 auf, an die über einen elektrischen Anschluss 34 ein Erregerstrom angelegt werden kann. Bei Bestromung der Spule 32 wird in dem die Spule umgebenden Magnetkreis ein Magnetfeld erzeugt, durch welches ein Magnetanker 36 angezogen wird. Infolgedessen hebt sich die mit dem Magnetanker 36 kraftschlüssig verbundene Ventilmadel 16 von dem Ventilsitz 26 ab, so dass der Kraftstoff durch eine Spritzlochscheibe 38 in das Saugrohr austritt. Nach Abschaltung des Erregerstromes wird die Ventilmadel 16 durch die Feder 28 zurückgestellt, so dass sich das Ventil 10 schließt.

Der Aufbau eines Magnetfeldes in einem konventionellen Einspritzventil mit einem Einspulenystem ist in schemati-

scher Weise in Fig. 2 gezeigt. Wird eine Spule 32, von der hier lediglich eine Seite in Schnittansicht dargestellt ist, mit dem Erregerstrom 40 bestromt, so baut sich in einem die Spule 32 umgebenden Polkörper 42 ein magnetisches Feld 44 auf. Infolge des Aufbaus des magnetischen Feldes wird gemäß dem Induktionsgesetz

$$\text{rot } E = - \frac{\delta}{\delta t} B,$$

worin B eine Magnetflussdichte bedeutet, ein Wirbelstrom rot E46 in dem Polkörper 42 erzeugt. Die Hauptstromrichtung des Wirbelstromes 46 ist dabei der Richtung des Erregerstromes 40 der Spule 32 entgegengesetzt. Die Entstehung des Wirbelstromes 46 setzt die Diffusionsgeschwindigkeit des Magnetfeldes 44 und damit die Aufbaugeschwindigkeit der auf den Anker 36 einwirkenden Kraft herab. Die Folge ist eine verlängerte Ansprech- oder Totzeit des elektromagnetischen Einspritzventiles 10.

Um das Problem des verzögerten Feld- und Kraftaufbaus herkömmlicher Einspritzventile zu überwinden, werden gemäß der vorliegenden Erfindung zwei oder mehr konzentrisch angeordnete Spulen eingesetzt. Fig. 3 zeigt schematisch das Magnetfeld eines Elektromagnetspulensystems, mit einer innen liegenden Spule 32_1 und einer außen liegenden Spule 32_2. Im unteren Teil der Fig. 3 ist eine radiale Schnittansicht des Doppelspulenmagnetkreises entlang der Achse A-A' dargestellt. Die beiden Spulen 32_1 und 32_2 werden mit dem Erregerstrom 40 in einander entgegengesetzter Richtung bestromt. Jede Spule 32_1, 32_2 wird auf beiden Spulenseiten von einem Polkörper 42 eingeschlossen. Die Bestromung der Spulen 32_1, 32_2 führt im umgebenden Polkörper 42 zu dem Aufbau eines Magnetfeldes 44 um jede Spule. Aufgrund der entgegengesetzten Stromrichtungen des Erregerstromes 40 der beiden Spulen 32_1, 32_2 überlagern sich im zentralen Polkörper 42_2 die beiden Magnetfelder 44 der Spulen 32_1, 32_2 gleichsinnig. Hier kommt es zu einer Feldverstärkung und somit zu einem größeren Magnetfluss. Auf der anderen Seite weisen die durch die magnetischen Felder 44 induzierten Wirbelströme 46 im innen liegenden Polkörper 42_2 eine einander entgegengesetzte Strömungsrichtung auf. In diesem Bereich kommt es daher zu einer Auslöschung der Wirbelströme 46 und des erzeugten Wirbelstromfeldes. Im innen liegenden Polkörper 42_2 kann daher die Felddiffusion ohne Wirbelstromverluste erfolgen, wodurch das Magnetfeld 44 signifikant schneller aufgebaut werden kann, als es im Falle des in Fig. 2 gezeigten Einspulensystems der Fall ist. Die Ansprechzeit des Einspritzventiles 10 von der Bestromung der Spulen 32_1, 32_2 bis zur Einwirkung der Magnetkraft auf den Anker 36 ist somit insgesamt verkürzt. Ein weiterer Grund für den beschleunigten Kraftaufbau im Doppelspulenmagnetkreis ist durch die Felddiffusion gegeben, die an vier Durchmessern beziehungsweise an zwei Durchmessern pro eingesetzter Spule 32 stattfinden kann.

Beim Abschalten des Erregerstromes 40 kommen die gleichen physikalischen Effekte zum Tragen. Wiederum erfolgt im innen liegenden Polkörper 42_2 eine Auslöschung der durch das schwindende Magnetfeld 44 induzierten Wirbelströme 46, so dass die Felddiffusion erheblich schneller ablaufen kann.

Die vorteilhaften Wirkungen eines erfindungsgemäßen Mehrspulensystems werden dann optimal ausgenutzt, wenn der Magnetkreis derart ausgelegt ist, dass eine radiale Polfläche des innen liegenden Polkörpers 42_2 der Summe der beiden benachbarten Polflächen der Polkörper 42_1 und 42_3 entspricht (vgl. unteren Teil in Fig. 3). Dies gilt auch, wenn mehr als zwei Spulen den Magnetkreis aufbauen.

In Fig. 4 ist die Geschwindigkeit des Kraftaufbaus eines Einspulenmagnetkreises und des erfindungsgemäßen Zweispulenmagnetkreises dargestellt. Für eine bessere Vergleichbarkeit wurde hier die relative Kraft F_{rel} in Abhängigkeit einer gemeinsamen relativen Zeitbasis t_{rel} aufgetragen, wobei $t_{rel} = 0$ der Zeitpunkt t_0 der Bestromung der Spule 32 und $t_{rel} = 1$ der Zeitpunkt des Abschaltens der Spule 32 bedeutet. In einem konventionellen Einspulenmagnetsystem verläuft der Kraftanstieg und -abfall vergleichsweise flach (Graph 48). So ist eine relative Magnetkraft F_{rel} von 0,8 etwa erst nach 0,33 Einheiten der gemeinsamen Zeitbasis t_{rel} erreicht. Dagegen ist die maximale Magnetkraft nach Bestromung des Zweispulensystems zum Zeitpunkt t_0 wesentlich schneller erreicht (Graph 50), wobei eine Magnetkraft von 0,8 bereits nach etwa 0,12 Zeiteinheiten aufgebaut ist. Auch nach Abschaltung der Spule zum Zeitpunkt t_1 wird ein deutlich schneller Kraftabbau im Zweispulensystem beobachtet (Graph 50).

Insgesamt weist ein elektromagnetisches Einspritzventil gemäß der vorliegenden Erfindung gegenüber herkömmlichen Einspritzventilen eine erhebliche Verkürzung der Totzeiten mit extrem kurzen Anzugs- und Abfallzeiten auf. Dadurch wird auch eine präzisere Darstellung von kleinen Einspritzmengen erreicht. Durch ihren hochdynamischen Magnetkreis ist das erfindungsgemäße Einspritzventil für die Verwendung in modernen Benzin- und Dieseleinspritzsystemen hervorragend geeignet.

Patentansprüche

1. Elektromagnetisches Einspritzventil zur Steuerung einer in eine Verbrennungskraftmaschine einzuspeisenden Kraftstoffmenge mit einem durch ein Elektromagnetspulensystem verlagerbaren Ventilkörper, wobei der Ventilkörper mit einem Magnetanker des Elektromagnetspulensystems zusammenwirkt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Elektromagnetspulensystem wenigstens zwei konzentrisch angeordnete Spulen (32_1, 32_2) umfasst, die Spulen (32_1, 32_2) derart in ein Magnetkreis integriert sind, dass zwischen zwei benachbarten Spulen (32_1, 32_2) jeweils ein erster Polkörper (42_2) angeordnet ist, und die innere und äußere Spule (32_1, 32_2) jeweils einem zweiten Polkörper (42_1, 42_3) benachbart ist, die ersten und zweiten Polkörper (42_1, 42_2, 42_3) Bestandteile des Magnetkreises des Elektromagnetspulensystems sind, und jeweils benachbarte Spulen (32_1, 32_2) in einander entgegengesetztem Richtungssinn durch einen gemeinsamen Erregerstrom (40) bestrombar sind.
2. Elektromagnetisches Einspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Polkörper (42_1, 42_2, 42_3) derart dimensioniert sind, dass eine radiale Schnittfläche eines mittleren ersten Polkörpers (42_2) weitgehend der Summe der Schnittflächen der benachbarten zweiten Polkörper (42_1, 42_3) entspricht.
3. Elektromagnetisches Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen (32_1, 32_2) annähernd identische Kenngrößen aufweisen.
4. Elektromagnetisches Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen (32_1, 32_2) parallel geschaltet werden.
5. Elektromagnetisches Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilkörper (16) und der Magnetanker (36)

kraftschlüssig miteinander verbunden sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

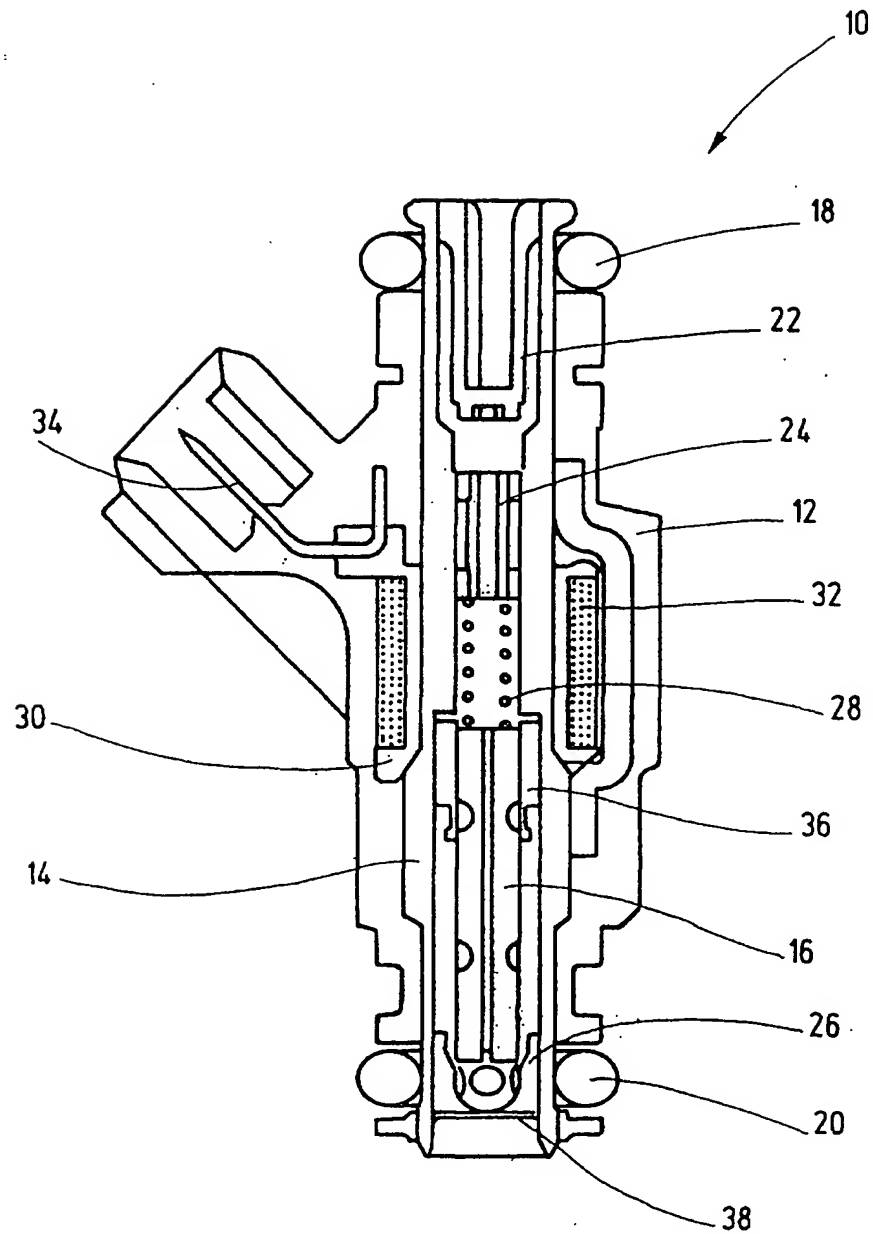


Fig.1

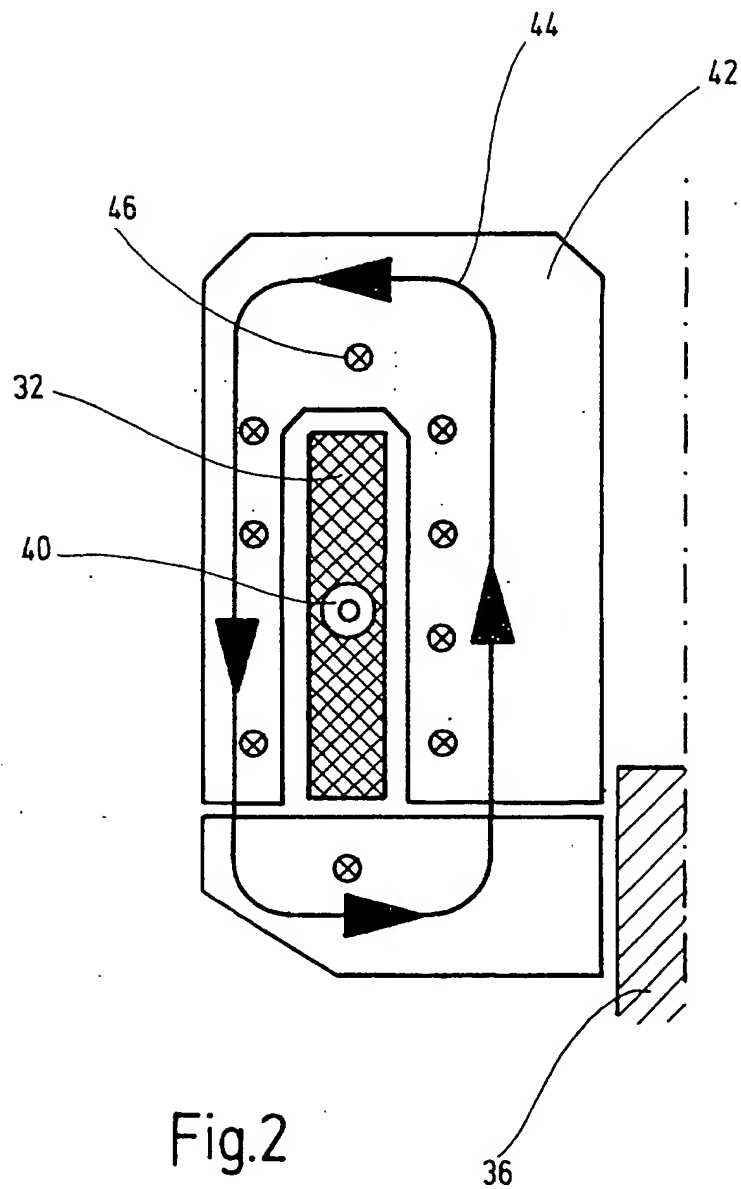
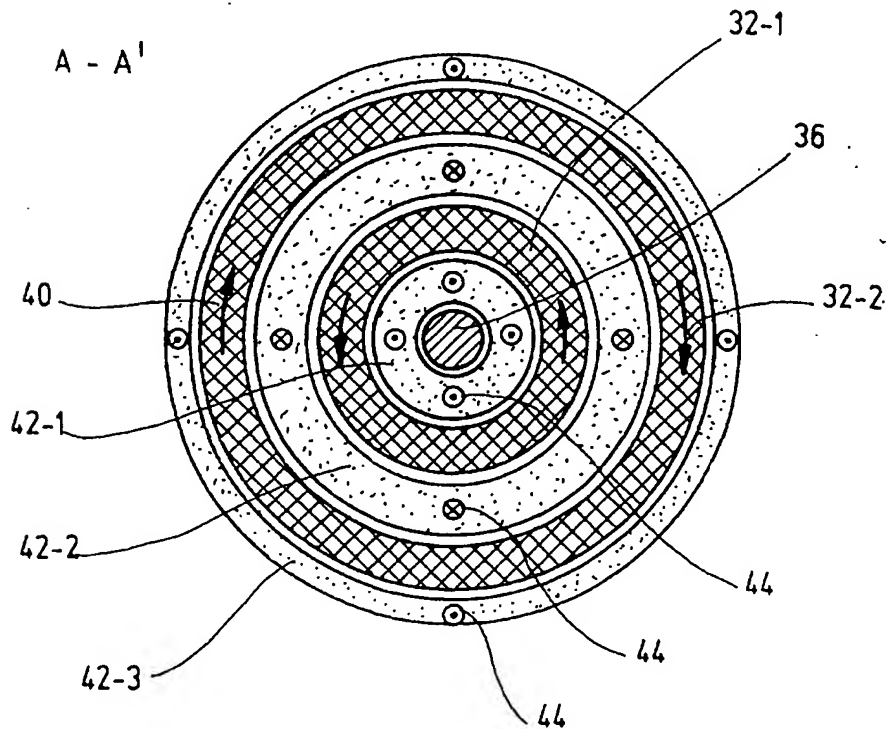
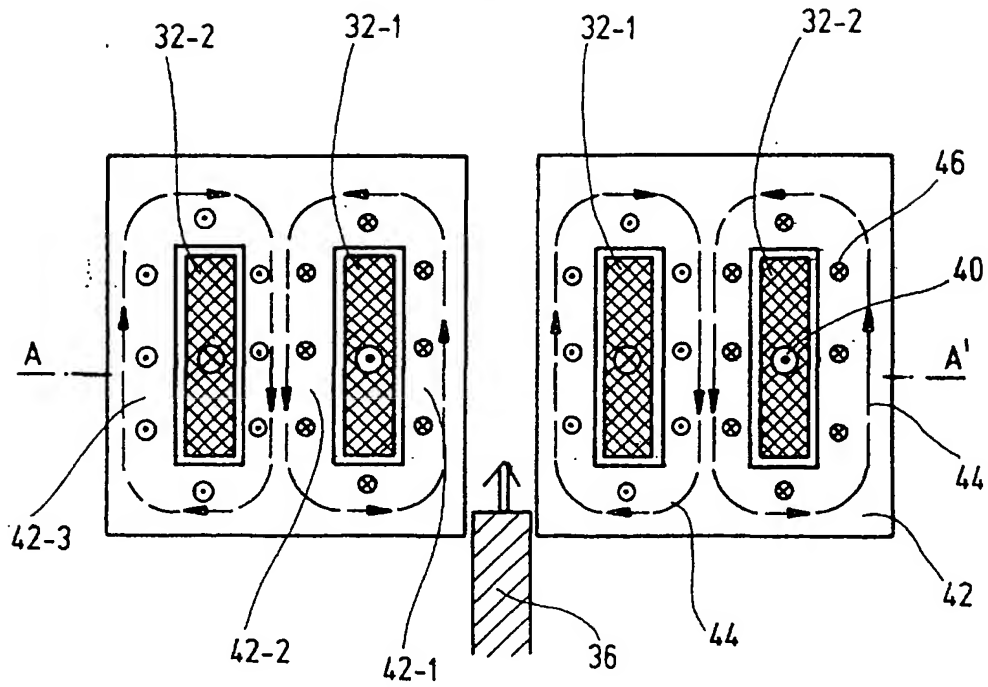


Fig.3



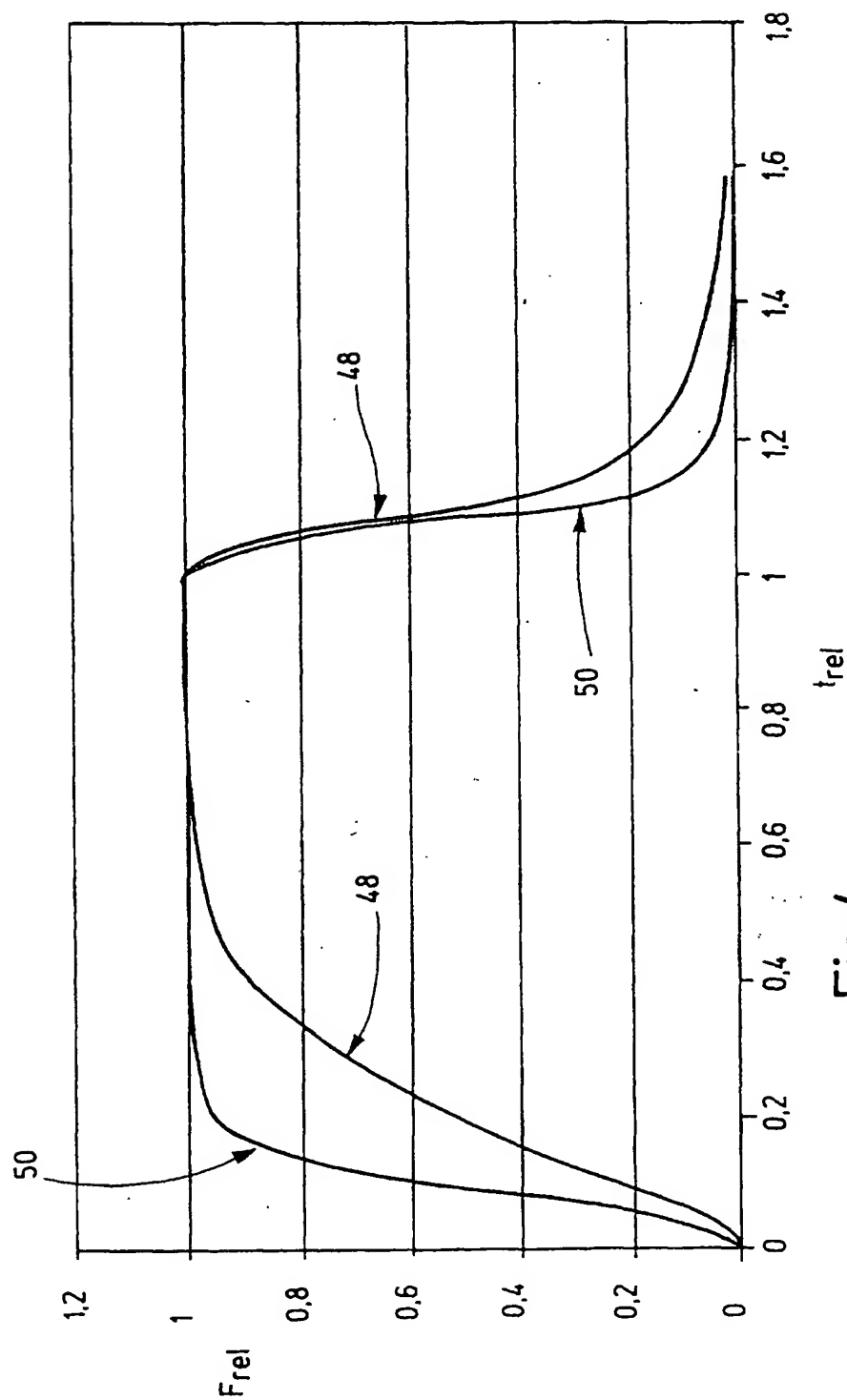


Fig.4